昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, April 2004, 47(2): 223 – 228　　ISSN 0454-6296

云南横坑切梢小蠹生物学研究

叶　辉[1]，吕　军[1]，Francois LIEUTIER[2]

(1. 云南大学生命科学学院生物系，昆明 650091； 2. Zoologie Forestiere，INRA，Ardon 45160 Olivert，France)

摘要：横坑切梢小蠹 *Tomicus minor* (Hartig)是云南松 *Pinus yunnanensis* Franchet 的主要次期性害虫之一。1980 年以来，该虫与纵坑切梢小蠹 *T. piniperda*(L.)一起在中国西南部大量发生，导致数十万公顷云南松林受害。本文报道了横坑切梢小蠹在云南地区的生活史、生长、发育、繁殖等生物学特征。横坑切梢小蠹年生活史为一代，前后两代在冬春季有部分重叠。成虫羽化于 4 月下旬开始陆续，5 月下旬结束。成虫羽化后即飞到树冠上蛀食枝梢，直到 11 月发育成熟，开始繁殖。在此期间，每头成虫可以蛀食 4～6 个枝梢。横坑切梢小蠹在云南没有越冬习性。繁殖期从 11 月至次年 3 月。成虫主要在已经受到纵坑切梢小蠹危害的树木的中、下部产卵。繁殖期较纵坑切梢小蠹约迟 1 周。由于横坑切梢小蠹从枝梢到树干对云南松持续危害，对树木的危害性较在其它地区更为严重。横坑切梢小蠹利用受到纵坑切梢小蠹蛀害的树木繁殖产卵，加强了蠹虫对云南松树的危害，加速了受害树木的死亡进程。横坑切梢小蠹的上述生物生态学特征是该虫对云南松造成严重危害的重要原因。从横坑切梢小蠹虫体和虫坑中检测到伴生真菌云南半帚孢 *Leptographium yunnanensis*。横坑切梢小蠹对该菌的带菌率在蛀梢期为 11.5%；在蛀干中期约为 10%～26%。

关键词：横坑切梢小蠹；纵坑切梢小蠹；云南松；蓝污真菌；生物学

中图分类号：Q968　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**0454-6296(2004)02-0223-06

On the bionomics of *Tomicus minor* (Hartig) (Coleoptera: Scolytidae) in Yunnan Province

YE Hui[1], LU Jun[1], Francois LIEUTIER[2] (1. Department of Biology, Life Science College, Yunnan University, Kunming 650091, China; 2. Zoologie Forestiere, INRA, Ardon 45160 Olivert, France)

Abstract: *Tomicus minor* (Hartig) is one of major secondary pest insects of the Yunnan pine, *Pinus yunnanensis* Franchet. From the 1980's, the pine shoot beetle together with *T. piniperda* (L.) occurred in abundance in Yunnan, southwestern China, causing several hundred thousand ha Yunnan pine forests seriously damaged. The biology and behavior of the beetle were reported here, including its life cycle, development, shoot feeding, trunk attacking and reproduction. *T. minor* completed one generation a year, with consecutive two generations overlapping in winter and spring. Adults started to emerge in the mid April and ended in the late May. After emerged, *T. minor* flied to the crown and fed the shoots in nearby trees. The shoot feeding period lasted until the late November when adults got matured. Adults bored 4 – 6 shoots in total during the shoot feeding. *T. minor* flied to the trunk of Yunnan pine tree for reproduction after matured. The reproduction period lasted from the late November to March. *T. minor* mostly bred in the trees already attacked by *T. piniperda*. The attacking normally occurred one week later than *T. piniperda*, and focused on the mid and lower trunks. Since the beetle did its damages from the shoots to trunks, the damages to the host trees seemed more serious than that in other districts. Meanwhile, *T. minor* breeding in the trees attacked by *T. piniperda* would decrease the tree resistance, and so accelerate the host tree dying. The beetle's bionomics and behavior particularly showed in Yunnan were supposed to the major reason that the beetle occurred massively and caused serious damages to the Yunnan pine trees in southwestern China. A fungus *Leptographium yunnanensis* was detected from *T. minor* and its galleries, which was regarded as the fungus associated with *T. minor*. Frequencies of the beetle carrying the fungus were 11.5% in shoot feeding period, and 10% – 26% in trunk attacking.

Key words: *Tomicus minor*; *Tomicus piniperda*; *Pinus yunnanensis*; blue stained fungus; biology

---

基金项目：欧盟基金项目(IC18CT96-0057)；云南省教育厅基金项目(0142146)

作者简介：叶辉，男，1956 年生，天津人，博士，教授，主要从事森林昆虫研究，E-mail: yehui@ynu.edu.cn

收稿日期 Received: 2003-05-12；接受日期 Accepted: 2003-12-30

近20余年来，切梢小蠹 *Tomicus* spp. 在中国西南地区大范围成灾，危害云南松 *Pinus yunnanensis* Franchet 数十万公顷，其中被完全毁灭的云南松林达十多万公顷(Ye, 1991; 刘明德和卢南, 1992; Ye *et al.*, 2002)。纵坑切梢小蠹 *Tomicus piniperda* (L.)大发生是造成云南松严重受害的直接原因(叶辉和党承林, 1986; Ye, 1997)。当地特定的气候条件、森林长势状况、蓝污真菌以及横坑切梢小蠹 *Tomicus minor* (Hartig)等在该蠹害过程中起着重要的促进作用(叶辉, 1996, 1999; Ye, 1997; Ye and Ding, 1999)。

横坑切梢小蠹属于次期性森林害虫，主要危害长势衰弱或受到其它病虫感染的树木(Långström, 1983; 殷蕙芬和黄复生, 1984)。在云南，横坑切梢小蠹与纵坑切梢小蠹的地理分布相重叠，蛀害时期相吻合(Ye, 1997)，且主要危害已受到纵坑切梢小蠹侵害的树木。两种小蠹虫共同危害云南松，极大地降低了受害树木的抗性，加快了受害树木死亡的进程(Ye, 1997; Ye and Ding, 1999)。我国过去对横坑切梢小蠹研究不多，有关该虫害发生规律和危害习性的文献较少(Långström, 1983; 殷蕙芬和黄复生, 1984)。本项研究的目的是揭示横坑切梢小蠹基本的生物学特性，特别是在云南特定气候条件下的发生规律，为进一步探讨横坑切梢小蠹发生与纵坑切梢小蠹危害的关系，最终解释云南切梢小蠹大面积成灾的机理提供必要信息。

1 材料和方法

野外调查于1995~1997年在距昆明东北约100 km 的石林长湖风景区云南松林内进行。该云南松林占地100余公顷，树龄40~50年，上世纪90年代初开始受到切梢小蠹危害，平均每年受蠹害致死树木达100余株。在本研究中，每月伐倒蠹虫危害树木6~10棵，剥取树干粗皮，从基部到端部每50 cm为一段，检查各木段上切梢小蠹的虫坑数目、虫坑长度、各虫态的数目等。同时检查树冠各轮枝受害枝梢数及受害枝梢内切梢小蠹的数目、枝梢上侵入孔至枝梢端部的距离等。

每次调查取一定数量的切梢小蠹带回室内，分离、鉴定切梢小蠹所携带的蓝污真菌，统计切梢小蠹带菌率。切梢小蠹蓝污真菌的分离鉴定方法见 Zhou *et al.* (2000)。

2 结果与分析

2.1 生活史

在昆明地区，横坑切梢小蠹年生活史为一代，前后两代在冬、春季有部分重叠(表1)。

表1 横坑切梢小蠹危害云南松的生活史(昆明)

Table 1 Life cycle of *Tomicus minor* feeding in *Pinus yunnanensis* trees in Kunming, Yunnan

	1月 Jan.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	5月 May	6月 Jun.	7月 Jul.	8月 Aug.	9月 Sep.	10月 Oct.	11月 Nov.	12月 Dec.
当年 Current year				+ +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
											•	•••
次年 Next year	+ + +	+ + +	+ +									
	•••	•••	•••									
	– –	– – –	– – –	– – –	– –							
			◦◦	◦◦◦	◦◦◦							

+：成虫 Adult；•：卵 Egg；–：幼虫 Larva；◦：蛹 Pupa.

横坑切梢小蠹成虫于4月下旬开始陆续羽化，5月上旬为羽化盛期，5月下旬羽化结束。羽化成虫飞到邻近云南松树上蛀食枝梢。当年11月，成虫陆续发育成熟，渐次飞到云南松树干上蛀坑繁殖。由于冬季气温偏低，有相当部分发育成熟的成虫仍停留在枝梢内，直到次年1月中、下旬才到树干上繁殖。由此推算，成虫发育成熟期大约为6~7个月。

横坑切梢小蠹在昆明地区无越冬习性。在冬季，它们或在枝梢内继续蛀食，或飞到树干上蛀坑产卵。在我国北方及欧洲大部分地区，横坑切梢小蠹于秋末冬初在树干基部越冬(Långström, 1983; 殷蕙芬和黄复生, 1984)。

产卵期始于当年11月，于次年3月结束，有的年份延迟到4月中旬，2月为产卵高峰期。幼虫发

生于 1 月至 5 月。3 月中旬始有少量幼虫化蛹。蛹期从 3 月开始，至 5 月下旬结束。

从横坑切梢小蠹各虫态的历期分配看，成虫期最长，持续时间近 1 年；其它虫态历期之和约为 5 个月。

在昆明地区，横坑切梢小蠹成虫通常在云南松树干上繁殖，卵、幼虫和蛹均在树皮下生长发育，成虫繁殖前一直在枝梢内危害。除新成虫羽化飞出、转梢危害和寻找繁殖场所以外，该虫的其余生命活动均在云南松树内进行。横坑切梢小蠹各虫态在云南松枝梢和树干间往复出现，形成对云南松林的循环危害。

2.2　未成熟期

横坑切梢小蠹卵呈长椭圆形，大小为 0.18 cm × 0.08 cm，位于母坑道两侧的卵穴内。新卵淡白色，近孵化时呈乳白色。在林内变温条件下，卵发育历期大约为 2 ~ 3 周，若冬季日均温低于 10 ℃，卵历期可达一个多月。

横坑切梢小蠹幼虫有 3 龄。初孵幼虫呈乳白色，幼虫孵化即可蛀食树木韧皮组织。蛀食方向与母坑道垂直，蛀食后在韧皮部内留下子坑道。子坑道随着幼虫长大而渐次增粗，其宽度在起始处约为 0.1 cm，末端为 0.3 ~ 0.4 cm。子坑道长度差异较大，最短的约为 2 cm，最长的可达 6 cm。在林区内，幼虫历期变化较大，约为 15 ~ 25 天。幼虫老熟后，在子坑道末端筑一椭圆形蛹室，其大小为 0.75 cm × 0.35 cm。

蛹体长 0.3 ~ 0.5 cm。蛹期在林区为 6 ~ 10 天。蛹初呈乳白色，眼点、翅芽端部和口器逐步呈深棕色。

成虫羽化后，先在蛹室内停留 1 ~ 2 天，随后通过蛹室上方咬食的羽化孔爬到树皮表面。新成虫多在有阳光的时候爬出树外，上午 10 时至下午 4 时出现的数量最多。

从成虫进入树干产卵到新成虫羽化出来的这段时期常称为蛀干繁殖期。在此期间，横坑切梢小蠹在树干内繁殖、蛀食，严重破坏了树木韧皮组织，并最终导致树木死亡。蛀干繁殖期被认为是导致云南松受害致死的关键时期。

2.3　成虫补充营养期

横坑切梢小蠹成虫羽化出来后，即飞到邻近云南松树的树冠上，蛀食枝梢补充营养。在此期间，成虫性腺逐渐发育成熟。成虫在枝梢上蛀食危害时期常称为蛀梢期或成虫补充营养期。

在 6 月以前，云南松当年生的枝梢尚未完全抽发，横坑切梢小蠹主要在上年枝梢内蛀食，6 月以后才转到当年枝梢危害。横坑切梢小蠹通常蛀害直径为 0.45 ~ 1.5 cm 的枝梢，对直径为 0.55 ~ 0.75 cm 的枝梢更为喜好，这类枝梢的受害率占整个枝梢受害率的 57.2%。

横坑切梢小蠹多选择在距端部 3 ~ 6 cm 处蛀入枝梢（图 1）。蛀入孔位置与枝梢幼嫩程度有关。若枝梢幼嫩，其蛀孔位置距枝梢端部稍远些；而对于较粗大的枝梢，其蛀入孔位置更靠近枝梢端部。横坑切梢小蠹主要蛀食枝梢的髓部组织。枝梢受害后随即枯黄，很容易在侵入孔处断折。横坑切梢小蠹从侵入孔朝向枝梢顶端蛀食，当距枝梢端部约 1 cm 后便退出枝梢，再寻找其它枝梢继续蛀食。根据周年虫坑长度推算，横坑切梢小蠹在蛀梢期可蛀食 4 ~ 6 个枝梢。

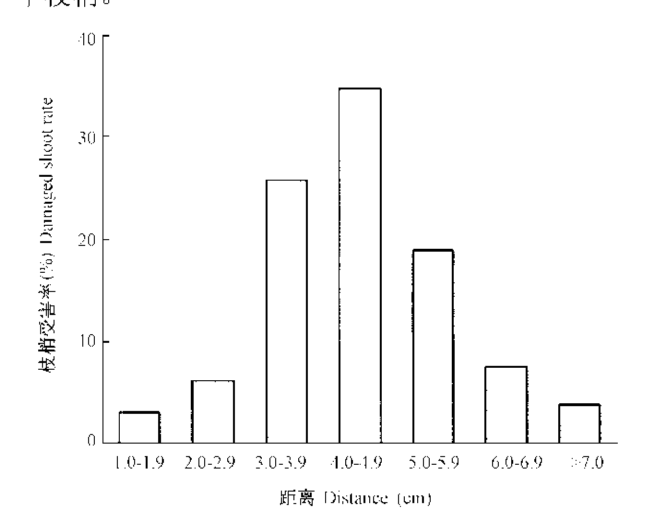


图 1　横坑切梢小蠹侵入孔到枝梢端部间距频次分布

Fig. 1　Frequency distribution of the distance from entrance holes to shoot ends for *Tomicus minor*

云南松枝梢受到横坑切梢小蠹蛀害后会分泌松脂，这是云南松树对外来生物侵入的一种抗御反应。当松脂分泌量大时，可迫使横坑切梢小蠹退出枝梢，或将其包埋致死。

横坑切梢小蠹雌虫的卵巢结构与纵坑切梢小蠹的大体相似（叶辉，1996）。根据卵巢发育进度和授精囊内精子的多寡，可了解其性成熟状况和交配情况（Janin and Francois，1988；叶辉，1996）。横坑切梢小蠹卵巢完全发育成熟需要 6 个月。但在卵巢尚未发育成熟以前，授精囊内已见精子，说明横坑切梢小蠹在此期间可以进行交配、授精。横坑切梢小蠹可多次交配，交配次数和授精囊内精子含量随时间推

移逐步增加。至蛀梢末期,85%以上横坑切梢小蠹的授精囊内均含有精子,且多数授精囊内的精子含量较高。这一现象与纵坑切梢小蠹的情况大体相似(叶辉,1996)。

在蛀梢期,横坑切梢小蠹在树冠内的空间分布主要与该虫所喜好蛀食的枝梢的分布有关。在垂直分布上,横坑切梢小蠹主要分布在树冠中层和上层,占整个树冠虫量的80%以上。在水平分布上,横坑切梢小蠹多分布在树冠的中、外层。从空间分布的时间变化上看,在蛀梢初期,横坑切梢小蠹主要分布在树冠的外层和中层,以后又逐渐转移到树冠中、上层。

横坑切梢小蠹在补充营养期辗转危害枝梢,影响到树木的光合作用效率,造成树木生长量下降,严重时导致树木长势衰弱。

2.4 成虫繁殖期

横坑切梢小蠹性发育成熟之后即开始繁殖。在昆明地区,横坑切梢小蠹主要以云南松树干为繁殖场所,进入树干繁殖的时间比纵坑切梢小蠹约迟一周,且多选择刚受到纵坑切梢小蠹攻击的树木(Ye and Ding, 1999),由此形成两种切梢小蠹在同一棵树上繁殖、危害(Ye, 1997; Ye and Ding, 1999)。纵坑切梢小蠹可以危害整个树干,但主要危害树木的中、上部。横坑切梢小蠹定殖于尚未被纵坑切梢小蠹占据的树干中、下部。两种切梢小蠹在树木中部的分布区域有部分重叠(图2)。

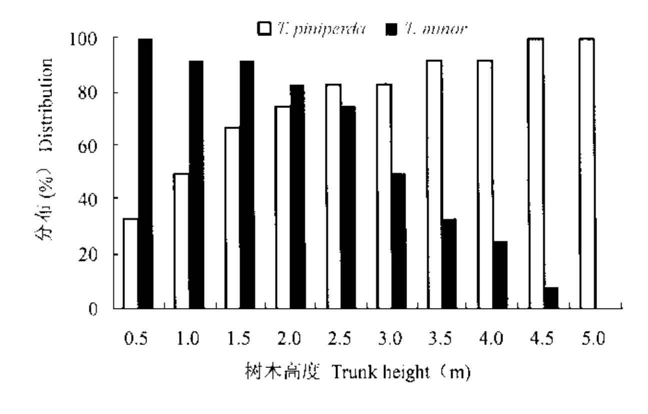


图2 横坑切梢小蠹和纵坑切梢小蠹在云南松树干不同高度上的分布

Fig. 2 Distribution of *T. minor* and *T. piniperda* at different trunk heights of the Yunnan pine trees

横坑切梢小蠹蛀坑产卵过程多由一对成虫配合进行。雌虫在坑道前端边蛀坑边产卵,雄虫在后面协助将木屑残渣排出坑道。雌虫进入树干后均要修筑一交配室。交配室为雌、雄虫交配的场所,呈大小为1.2 cm×0.5 cm的长椭圆形。在没有雄虫时,雌虫也会修筑交配室,表明建造交配室已成为该虫的一种固定行为。在交配室上方约1~2.5 cm处,雌虫在韧皮层以蛀入孔为中心向左右两个方向环绕树干蛀坑产卵。虫坑在整体上形似一个两翼很长的"T"。横坑切梢小蠹最先向哪一方向蛀坑似乎并不确定,若向左翼蛀坑一段后,会折回来向右翼蛀坑。在整个蛀坑过程中要左右来回多次,直到蛀坑结束。左右两翼的坑道长度大体对称。坑道长度变化较大,最长的达39 cm,短的仅有3 cm,多为8~20 cm。

横坑切梢小蠹有相当部分个体在蛀梢期已经交配,且在蛀坑过程中会在坑道的左右两翼来回移动将坑道中的木屑粪便推出坑外。由此,在没有雄虫配合情况下,雌虫也可以单独筑坑产卵。这一现象与纵坑切梢小蠹完全不同。纵坑切梢小蠹雌虫在没有雄虫协助排渣情况下,会被自己排出的粪便、木屑等封闭在坑道内窒息死亡(叶辉,1996)。

横坑切梢小蠹将卵产在坑道两侧的卵穴中,一个卵穴内一粒卵。左右两翼虫坑的卵量不同,同一翼内上下两侧的卵量也不一样。同时还发现,有相当数量的雌虫虽然蛀食了坑道但没有产卵(有关横坑切梢小蠹繁殖特征将在另文讨论)。由于上述原因,横坑切梢小蠹产卵量变化较大,最大卵量为59粒,最小卵量仅1粒,绝大多数坑道中的卵量为15~34粒。

2.5 蓝污真菌

在昆明地区,横坑切梢小蠹蓝污伴生真菌为*Leptographium yunnanensis*(Zhou *et al*., 2000)。该菌可从横坑切梢小蠹虫体和虫坑中分离得到,与横坑切梢小蠹伴随关系密切(周旭东等,1998,1999)。该菌同时也从纵坑切梢小蠹虫体上检测出来,这是因为横坑切梢小蠹和纵坑切梢小蠹在云南松树干上的分布有部分重叠,蓝污伴生真菌得以在这两种蠹虫之间形成了交互传带。

抽样调查揭示,横坑切梢小蠹对蓝污伴生真菌的带菌率在蛀梢期为11.5%;在蛀干中期约为10%~26%。横坑切梢小蠹对蓝污伴生真菌的带菌率因地区而异,并与蠹害程度有一定关系。

3 讨论

上述研究显示,横坑切梢小蠹在昆明地区没有越冬习性。昆明地区冬季温和可能是横坑切梢小蠹无越冬行为的主要原因。1月为昆明地区一年中的

最冷月，旬平均气温大多在 8℃以上，横坑切梢小蠹在该气温下可在枝梢内继续蛀食。在冬季气温较低的地区，横坑切梢小蠹留在枝梢内但不活动，或转移到树木基部越冬（Långström，1983）。可以认为，横坑切梢小蠹在某一地区越冬与否主要地取决于当地冬季的气温条件。

在蛀梢期，横坑切梢小蠹通过蛀食枝梢，削弱了树木长势；在蛀干期，横坑切梢小蠹选择在衰弱的树木上蛀坑繁殖。在昆明地区由于横坑切梢小蠹没有越冬行为，其在蛀梢期之后随即转入蛀干期，从而形成对云南松的连续蛀害。这是横坑切梢小蠹对云南松的重要危害特征，也是其最终导致树木死亡的主要原因之一。

横坑切梢小蠹蛀害已受到纵坑切梢小蠹危害的树木是横坑切梢小蠹危害云南松树的又一重要生物学特征。横坑切梢小蠹属于次期性害虫，主要危害树势衰弱的树木，通常对长势强的树木不构成威胁（Långström，1983；殷蕙芬和黄复生，1984）。纵坑切梢小蠹在昆明地区表现出对松树较强的攻击能力，在发生量较大时，可以单独危害并致死云南松树（叶辉和党承林，1986；叶辉，1999），但发生量较小时，会受到云南松树的强烈抗御而形成无效侵入（Bakke，1968；Ye and Zhao，1995）。由于横坑切梢小蠹蛀害已被纵坑切梢小蠹危害的衰弱树木，增大了在云南松树干上成功繁殖的机会。这是横坑切梢小蠹能对云南松树产生危害的重要原因。横坑切梢小蠹加入到纵坑切梢小蠹对云南松树的攻击中，对纵坑切梢小蠹也是有利的。特别是当纵坑切梢小蠹种群密度较低时，横坑切梢小蠹的加盟对于完全克服云南松树的抗御能力具有决定性的作用。

横坑切梢小蠹与纵坑切梢小蠹在同一树木上的分布会出现两种情况（Ye and Ding，1999）。一是横坑切梢小蠹与纵坑切梢小蠹分布在树干的不同部位，占据不同的生态位。这种分布模式会加快树木死亡进程，对双方都有利。另一种情况是，两种切梢小蠹在树干上形成部分重叠分布。由于横坑切梢小蠹与纵坑切梢小蠹的坑道走向相互垂直，两种小蠹在重叠分布区内必将相互干扰，这对双方都是不利的（Ye and Ding，1999）。总体看，横坑切梢小蠹利用已被纵坑切梢小蠹危害的树木进行繁殖，受到树木的抗性作用较小，蛀害成功率高，是利大于弊。这也是横坑切梢小蠹能在该地区大量发生且形成危害的重要原因之一。

蓝污伴生真菌与小蠹虫的协同关系是一种相当普遍的生态学现象（叶辉，1997）。国外有不少研究揭示，蓝污伴生真菌在小蠹虫蛀害过程中扮演着重要的角色（Lieutier *et al*.，1988）。关于横坑切梢小蠹蓝污伴生真菌的研究国内尚属首次，国外研究也不多。但对其它小蠹虫蓝污伴生真菌研究的结果表明，这种真菌对寄主树木具有不同程度的致病作用。蓝污伴生真菌侵入寄主树木后，可消耗和利用植物细胞营养，在植物韧皮部和木质部组织内扩张蔓延，导致韧皮组织坏死，木质部导管被菌丝堵塞，寄主树木树势也由此被逐渐削弱（Lieutier，1994）。可以认为，蓝污伴生真菌的侵染危害有助于横坑切梢小蠹的成功蛀害。关于蓝污伴生真菌在横坑切梢小蠹蛀害中作用及其与横坑切梢小蠹的内在联系，涉及更复杂的因素，我们将在另文中探讨。

致谢　云南大学丁雪松、周旭东同志参加了部分野外工作，匿名审稿人对本文提出了许多宝贵意见和重要修改，谨此致谢。

参 考 文 献（References）

Bakke A，1968. Ecological studies on bark beetles（Col.，Scolytidae）associated with Scots pine in Norway with particular reference to the influence of temperature. *Meddr. Norske. Skogfors. Ves.*，111：1－151.

Janin JL，Francois L，1988. Early mating in the life cycle of *Tomicus piniperda* L.（Col.，Scolytidae）in forest of Orleans（France）. *Agronomie*，2：169－172.

Långström B，1983. Life cycles and shoot-feeding of the pine shoot beetles. *Studia Forestalia Suecica*，163：1－29.

Lieutier F，1994. Associated fungi，induced reaction and attack strategy of *Tomicus piniperda*（Col.，Scolytidae）in Scots pine. In：IVFRO Conference，"Behavior，population dynamics and control of forest insects"，Hawaii，USA. 6－11.

Lieutier F，Yart A，Garcia J，1988. Do fungi influence the establishment of bark beetles in Scots pine? In：Mattson WJ，Levieux J，Bernard-Dagan C eds. Mechanisms of Woody Plant Defenses against Insects：Search of Pattern. New York：Springer Verlag. 321－334.

Liu MD，Lu N，1992. Preliminary reports on spreading and control of *Tomicus piniperda* attacking Yunnan pine. *Forest Insects and Diseases News*，(3)：15－16.［刘明德，卢南，1992. 云南松纵坑切梢小蠹的扩散危害及防治初报. 森林病虫通讯，(3)：15－16］

Ye H，1991. On the bionomics of *Tomicus piniperda* L.（Col.，Scolytidae）in the Kunming region of China. *J. Appl. Ent.*，112：366－369.

Ye H, 1996. Studies on the biology of *Tomicus piniperda* L. (Col., Scolytidae) in the shoot feeding period. *Acta Entomologica Sinica*, 39 (1): 58 – 62. [叶辉, 1996. 纵坑切梢小蠹蛀梢期生物学研究. 昆虫学报, 39(1): 58 – 62]

Ye H, 1997. Mass attack by *Tomicus piniperda* L. (Col., Scolytidae) on *Pinus yunnanensis* tree in the Kunming region, southwestern China. In: Proceedings: Integrating Cultural Tactics into the Management of Bark Beetle and Reforestation Pests. USDA Forest Service General Technical Report NE-286. 225 – 227.

Ye H, 1997. The research outline of blue stain fungi associated with *Tomicus piniperda*. *World Forestry Research*, 10: 30 – 35. [叶辉, 1997. 小蠹虫伴生真菌研究概况. 世界林业研究, 10: 30 – 35]

Ye H, 1999. On destructive damages of *Tomicus piniperda* (Col., Scolytidae) on the living *Pinus yunnanensis* trees. *Acta Entomologica sinica*. 42(4): 394 – 400. [叶辉, 1999. 纵坑切梢小蠹对云南松蛀害研究. 昆虫学报, 42(4): 394 – 400]

Ye H, Dang CL, 1986. Studies on the features of *Tomicus piniperda* (L.) in harming Yunnan pine. *J. Yunnan Univ.*, (2): 218 – 222. [叶辉, 党承林, 1986. 纵坑切梢小蠹对云南松危害习性研究. 云南大学学报, (2): 218 – 222]

Ye H, Ding XS, 1999. Impacts of *Tomicus minor* on distribution and reproduction of *Tomicus piniperda* (Col., Scolytidae) on the trunk of the living *Pinus yunnanensis* trees. *J. Appl. Ent.*, 123: 330 – 333.

Ye H, Zhao ZM, 1995. Life table of *Tomicus piniperda* L. (Col., Scolytidae) and its analysis. *J. Appl. Ent.* 119: 145 – 148.

Ye H, Haack RA, Lu J, 2002. *Tomicus piniperda* (Scolytidae): a serious pest of Yunnan pine in southwestern China. In: Fosbroke SLC, Gottschalk KW eds. Proceedings, U. S. Department of Agriculture Interagency Research Forum on Gypsy Moth and Other Invasive Species 2002, 15 – 18 January 2002, Annapolis, MD. USDA Forest Service, Northeastern Research Station, Newtown Square, PA, General Technical Report NE 300. 103 – 105.

Ying HF, Huang FS, 1984. Economic Insect Fauna of China. Fascicle 23, Coleoptera: Scolytidae. Beijing: Science Press. 54 – 55, 142 – 144. [殷蕙芬, 黄复生, 1984. 中国经济昆虫志. 第二十三册, 小蠹虫科. 北京: 科学出版社. 54 – 55, 142 – 144]

Zhou XD, Jacobs K, Wingfield MJ, Morelet M, Ye H, Lieutier F, 2000. A new *Leptographium* species associated with *Tomicus piniperda* in South Western China. *Mycoscience*, 41: 573 – 578.

Zhou XD, Ye H, Ding HS, Sha T, 1998. Preliminary studies on fungal flora in the galleries of *Tomicus piniperda* infesting *Pinus yunnanensis* shoots. *J. Yunnan Univ.*, 20 (5): 370 – 373. [周旭东, 叶辉, 丁骅孙, 沙涛, 1998. 云南松蠹害枝梢真菌类群初步研究. 云南大学学报, 20(5): 370 – 373]

Zhou XD, Ye H, Ding HS, Sha T, 1999. On fungal flora in the egg galleries of *Tomicus piniperda* attacking *Pinus yunnanensis* trunks. *Forestry Research*, 12(5): 556 – 560. [周旭东, 叶辉, 丁骅孙, 沙涛, 1999. 云南松纵坑切梢小蠹蛀干期虫坑真菌类群初步研究. 林业科学研究, 12(5): 556 – 560]

(责任编辑: 袁德成)